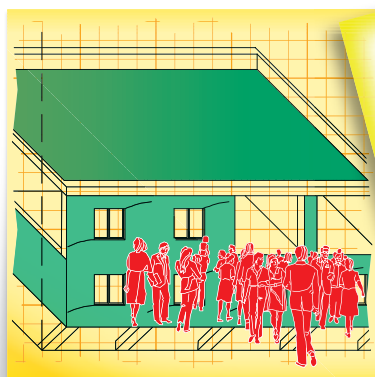


Riccardo Mariotti

RECUPERO EDILIZIO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

**PROCEDURE PER LA PROGETTAZIONE, INTERVENTI LOCALI,
MIGLIORAMENTO E ADEGUAMENTO SISMICO E STATICO**

AGGIORNATO CON LE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
DI CUI AL D.M. 17 GENNAIO 2018



**PRONTO
GRAFILL**

Clicca e richiedi di essere contattato
per informazioni e promozioni

**SOFTWARE INCLUSO
IN VERSIONE DESKTOP E WEBAPP**

FOGLI DI CALCOLO IN EXCEL PER RISOLVERE
ALCUNI DEI PIÙ FREQUENTI CALCOLI DI ROUTINE AI SENSI DELLE NTC 2018
NORMATIVA DI RIFERIMENTO E LINEE GUIDA



GRAFILL

Riccardo Mariotti

RECUPERO EDILIZIO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Ed. I (9-2018)

ISBN 13 978-88-277-0002-0

EAN 9 788827 700020

Collana **Manuali** (230)

Mariotti, Riccardo <1961->

Recupero edilizio strutture in cemento armato / Riccardo Mariotti.

– Palermo : Grafill, 2018.

(Manuali ; 230)

ISBN 978-88-277-0002-0

1. Strutture in cemento armato.

624.18341 CDD-23

SBN Pal0307775

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Il volume è **disponibile anche in eBook** (formato *.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader.**

Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con c/c postale, bonifico bancario, carta di credito e PayPal.

Per i pagamenti con carta di credito e PayPal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno Smartphone o un Tablet il Codice QR sottostante.



I lettori di Codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di settembre 2018

presso **Tipografia Luxograph S.r.l.** Piazza Bartolomeo Da Messina, 2 – 90142 Palermo

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.



**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

SOMMARIO

PREFAZIONE	p.	17
1. ANALISI DEI CARICHI: AZIONE SIMICA		
E METODI DI ANALISI STRUTTURALE	"	19
1.1. Carichi verticali e masse	"	19
1.1.1. Pesi propri dei materiali strutturali	"	19
1.1.2. Carichi permanenti non strutturali (G_2)	"	19
1.1.3. Elementi divisori interni (tramezzi)	"	19
1.2. Carichi variabili	"	20
1.2.1. Sovraccarichi verticali uniformemente distribuiti	"	22
1.2.2. Sovraccarichi verticali concentrati	"	22
1.3. Carico neve	"	22
1.3.1. Copertura ad una falda	"	24
1.3.2. Copertura a due falde	"	25
1.3.3. Coperture a più falde	"	25
1.3.4. Coperture cilindriche	"	26
1.3.5. Accumuli in corrispondenza di sporgenze	"	27
1.3.6. Neve aggettante dal bordo di una copertura	"	28
1.4. Azione del vento	"	28
1.4.1. Pressione cinetica di riferimento	"	28
1.4.1.1. Velocità base di riferimento	"	29
1.4.1.2. Velocità di riferimento	"	30
1.4.1.3. Azioni statiche equivalenti	"	30
1.4.2. Pressione del vento	"	30
1.4.3. Avvertenze progettuali nei confronti dell'azione del vento	"	35
1.5. Combinazione delle azioni	"	36
1.6. Stati limite e relative probabilità di superamento	"	38
1.7. Azione sismica	"	39
1.7.1. Vita nominale di progetto	"	39
1.7.2. Classe d'uso (CU)	"	40
1.7.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica	"	40
1.7.4. Categorie sottosuolo	"	40
1.7.5. Calcolo azione sismica di progetto	"	41
1.7.6. Il fattore di comportamento q per edifici in cemento armato	"	45
1.7.7. Il fattore comportamento per edifici in muratura portante	"	52

1.7.8.	Calcolo Azione sismica – Spettri di risposta di progetto per gli stati limite di danno (SLD), di salvaguardia della vita (SLV) e di prevenzione di collasso (SLC).....	p.	53
1.7.9.	Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali.....	"	58
1.7.10.	Regolarità delle strutture.....	"	59
1.8.	Metodi di analisi sismica.....	"	62
1.8.1.	Requisiti nei confronti degli Stati Limite.....	"	62
1.8.2.	Criteri generali di progettazione dei sistemi strutturali e modellazione.....	"	63
1.8.3.	Comportamento strutturale.....	"	65
1.8.4.	Classi di duttilità.....	"	66
1.8.5.	Progettazione in capacità e fattori di sovraresistenza.....	"	67
1.8.6.	Zone dissipative e relativi dettagli costruttivi.....	"	69
1.8.7.	Requisiti strutturali degli elementi di fondazione.....	"	69
1.8.7.1.	Fondazioni superficiali o dirette.....	"	69
1.8.7.2.	Fondazioni su pali o indirette.....	"	70
1.8.7.3.	Collegamenti orizzontali tra gli elementi di fondazione.....	"	70
1.9.	Criteri di modellazione della struttura e dell'azione sismica.....	"	71
1.9.1.	Modellazione della struttura.....	"	71
1.9.2.	Modellazione dell'azione sismica.....	"	73
1.10.	Metodi di verifica e criteri di verifica.....	"	74
1.10.1.	Rispetto dei requisiti nei confronti degli Stati Limite.....	"	74
1.10.2.	Elementi strutturali (ST).....	"	75
1.10.3.	Elementi non strutturali (NS).....	"	77
1.10.4.	Impianti (IM).....	"	78
1.11.	Analisi lineare o non lineare.....	"	78
1.11.1.	Analisi dinamica o statica.....	"	80
1.11.2.	Analisi lineare dinamica.....	"	80
1.11.3.	Analisi statica lineare.....	"	84
1.11.4.	Analisi non lineare dinamica o statica.....	"	87
1.11.5.	Analisi non lineare dinamica.....	"	87
1.11.6.	Analisi non lineare statica.....	"	88
1.11.7.	Risposta alle diverse componenti dell'azione sismica ed alla variabilità spaziale del moto.....	"	89
1.12.	Regole generali per costruzioni in cemento armato.....	"	90
1.13.	Altezza massima dei nuovi edifici.....	"	94
2.	MATERIALI.....	"	95
2.1.	Materiali compositi FRP.....	"	95
2.1.1.	Tipi di fibre disponibili in commercio e classificazione.....	"	95
2.2.	Generalità.....	"	98
2.3.	Classificazione dei sistemi di rinforzo.....	"	98

2.4.	Proprietà meccaniche dei sistemi di rinforzo.....	p.	99
2.4.1.	Materiale fibrorinforzato unidirezionale.....	"	99
2.4.2.	Sistemi preformati.....	"	101
2.4.3.	Sistemi impregnati in situ.....	"	102
2.4.3.1.	Determinazione dell'area resistente del tessuto A_{fib}	"	102
2.4.3.2.	Caratteristiche meccaniche dei sistemi impregnati in situ.....	"	105
2.4.3.3.	Confronto tra le caratteristiche di un laminato preformato e di un tessuto impregnato in situ.....	"	105
2.4.4.	Sistemi preimpregnati.....	"	106
2.5.	Principi generali del progetto di rinforzo.....	"	107
2.5.1.	Vita utile ed azioni di calcolo.....	"	107
2.5.2.	Proprietà dei materiali e relativi valori di calcolo.....	"	107
2.6.	Modalità di carico e fattore di conversione per effetti di lunga durata.....	"	108
2.7.	Capacità di calcolo.....	"	108
2.8.	Coefficienti parziali.....	"	109
2.8.1.	Coefficienti parziali η_m per i materiali FRP.....	"	109
2.8.2.	Coefficienti parziali γ_{Rd} per i modelli di resistenza.....	"	110
2.9.	Adesivi per la posa in opera di FRP.....	"	110
2.10.	Calcestruzzo.....	"	110
2.10.1.	Calcestruzzo indurito.....	"	112
2.10.2.	Resistenze caratteristiche a compressione di calcolo, modulo elastico, aderenza.....	"	112
2.10.3.	Fattori che influenzano la resistenza del calcestruzzo.....	"	115
2.11.	Acciaio.....	"	116
2.12.	Controllo di accettazione calcestruzzo.....	"	119
2.13.	Controllo accettazione acciaio.....	"	120
2.14.	Malta fluida espansiva per ancoraggi.....	"	121
2.15.	Controllo accettazione FRP.....	"	122
2.16.	Calcestruzzo confinato.....	"	133
3.	EDIFICI IN CEMENTO ARMATO.....	"	136
3.1.	Verifiche agli Stati Limite sezioni in cemento armato.....	"	136
3.2.	Verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio.....	"	136
3.2.1.	Resistenze di calcolo dei materiali.....	"	137
3.2.2.	Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo e modulo elastico.....	"	137
3.2.3.	Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo.....	"	138
3.2.4.	Resistenza di calcolo dell'acciaio.....	"	139
3.2.5.	Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo.....	"	140
3.3.	Valutazione della sicurezza e metodi di analisi.....	"	141
3.4.	I campi limite.....	"	143
3.4.1.	La verifica allo stato limite ultimo per tensioni normali.....	"	146
3.4.2.	I diagrammi di interazione.....	"	149

3.5.	La compressione semplice assiale	p.	151
3.6.	La flessione semplice retta	"	154
3.6.1.	Sezione rettangolare con armatura semplice.....	"	155
3.6.2.	Sezione rettangolare con armatura doppia	"	159
3.6.3.	Sezione a T con armatura semplice soggetta a momento positivo.....	"	162
3.6.4.	Disposizione delle barre longitudinali e lunghezza di ancoraggio.....	"	165
3.7.	La presso flessione retta.....	"	166
3.8.	Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti	"	168
3.8.1.	Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio	"	170
3.8.2.	Elementi con armature trasversali resistenti al taglio	"	171
3.8.3.	Calcolo delle staffe.....	"	176
3.9.	Verifica al punzonamento di lastre soggette a carichi concentrati	"	180
3.10.	Durabilità delle opere e dimensionamento del copriferro	"	182
3.10.1.	Classi di esposizione del calcestruzzo	"	185
3.10.2.	Classi di consistenza del calcestruzzo.....	"	187
3.10.3.	Verifica allo Stato limite di fessurazione.....	"	191
3.11.	Distanza tra costruzioni contigue: giunto sismico	"	192
3.12.	Verifica dei solai.....	"	194
3.12.1.	Solai a nervature incrociate.....	"	204
3.12.2.	Verifica per carichi concentrati	"	206
3.12.3.	Verifica carichi orizzontali distribuiti sui parapetti dei terrazzi.....	"	207
3.13.	Rinforzo e consolidamento dei solai in laterocemento.....	"	208
3.14.	La trave continua	"	217
3.15.	Tipologie strutturali e fattori: fattori di struttura, analisi lineare	"	222
3.15.1.	Tipologie strutturali.....	"	222
3.15.2.	Analisi lineare	"	224
3.15.3.	Verifica tamponamenti e elementi costruttivi non strutturali	"	231
3.15.4.	Elementi secondari non strutturali	"	231
3.15.5.	Verifica tamponamenti	"	235
3.15.6.	Ampliamento edifici esistenti.....	"	237
3.16.	Strutture a telaio.....	"	237
3.17.	Strutture a pareti.....	"	239
3.18.	Strutture miste telaio-pareti	"	241
3.19.	Strutture deformabili torsionalmente.....	"	242
3.20.	Strutture a pendolo inverso	"	242
3.21.	Criteri generali di progettazione e modellazione.....	"	242
3.22.	Regolarità delle strutture.....	"	243
3.23.	Dimensionamento e verifica degli elementi strutturali	"	246
3.24.	Analisi lineare dinamica o Statica	"	248
3.24.1.	Analisi lineare statica	"	248

3.25.	Verifiche di resistenza e dettagli costruttivi elementi in cemento armato di nuova realizzazione	p.	252
3.25.1.	Verifiche di resistenza e limitazioni geometriche e di armatura per le travi	"	252
3.25.2.	Verifiche di resistenza e limitazioni geometriche e di armatura per Pilastri	"	258
3.25.3.	Limitazioni Nodi Trave-Pilastro	"	265
3.25.4.	Limitazioni geometriche e di armatura Pareti	"	267
3.26.	Costruzioni antisismiche in zona a bassa sismicità	"	275
4.	RINFORZO DI STRUTTURE DI CEMENTO ARMATO E DI C.A.P.	"	277
4.1.	Rinforzo di strutture con materiali compositi FRP	"	277
4.1.1.	Meccanismi di rottura per distacco dal supporto e valutazione della resistenza	"	277
4.1.2.	Verifiche di sicurezza nei confronti del distacco dal supporto	"	279
4.1.3.	Resistenza allo stato limite ultimo per distacco di estremità (modo 1)	"	281
4.1.4.	Resistenza allo stato limite ultimo per distacco intermedio (modo 2)	"	282
4.1.5.	Verifica delle tensioni di interfaccia allo stato limite di esercizio	"	285
4.2.	Rinforzo a flessione con materiali compositi FRP	"	287
4.2.1.	Generalità	"	287
4.2.2.	Analisi del comportamento allo stato limite ultimo	"	287
4.2.2.1.	Generalità	"	287
4.2.2.2.	Stato della struttura all'atto del rinforzo	"	288
4.2.2.3.	Resistenza di progetto a flessione dell'elemento rinforzato con FRP	"	288
4.2.2.4.	Resistenza di progetto a flessione dell'elemento rinforzato con FRP in presenza di forza assiale (presso flessione)	"	294
4.2.2.5.	Collasso per distacco di estremità	"	297
4.2.3.	Analisi del comportamento agli stati limite di esercizio	"	298
4.2.3.1.	Basi del calcolo	"	298
4.2.3.2.	Verifica delle tensioni	"	299
4.2.3.3.	Verifica della freccia	"	300
4.2.3.4.	Verifica dell'apertura delle fessure	"	301
4.2.4.	Duttilità	"	301
4.3.	Rinforzo a taglio con materiali compositi FRP	"	301
4.3.1.	Generalità	"	301
4.3.1.1.	Gerarchia delle resistenze per travi e pilastri	"	302
4.3.2.	Configurazioni per il rinforzo a taglio	"	306

4.3.3.	Resistenza di progetto a taglio dell'elemento rinforzato con FRP	p. 307
4.3.3.1.	Resistenza di progetto a taglio	" 307
4.4.	Rinforzo a torsione.....	" 313
4.4.1.	Generalità.....	" 313
4.4.2.	Configurazioni per il rinforzo a torsione.....	" 313
4.4.3.	Resistenza di progetto a torsione dell'elemento rinforzato con FRP	" 314
4.4.3.1.	Resistenza di progetto a torsione	" 314
4.5.	Confinamento.....	" 315
4.5.1.	Generalità.....	" 315
4.5.2.	Resistenza di progetto a compressione centrata o con piccola eccentricità dell'elemento confinato	" 317
4.5.2.1.	Stima della pressione laterale di confinamento.....	" 318
4.5.3.	Duttilità di elementi pressoinflessi confinati con FRP.....	" 323
4.6.	Rinforzo a flessione di strutture in C.A.P.....	" 323
4.6.1.	Utilizzo di compositi FRP per elementi pre-tesi o post-tesi di c.a.....	" 323
4.6.1.1.	Analisi del comportamento allo stato limite ultimo	" 323
4.6.1.2.	Analisi del comportamento agli stati limite di esercizio	" 324
4.7.	Interventi in zona sismica	" 324
4.7.1.	Generalità.....	" 324
4.7.2.	Principi generali di intervento.....	" 325
4.7.2.1.	Eliminazione dei meccanismi di collasso di tipo fragile.....	" 325
4.7.2.2.	Eliminazione dei meccanismi di collasso di piano	" 332
4.7.2.3.	Incremento della capacità deformativa globale di una struttura	" 332
4.8.	Valutazione del deterioramento del substrato	" 333
4.9.	Particolari costruttivi e norme di esecuzione.....	" 334
4.10.	Incamicatura di pilastri in cemento armato con acciaio o camicie in c.a.	" 335
4.10.1.	Incamicatura di pilastri in cemento armato.....	" 335
4.10.2.	Incamicatura in acciaio	" 336
4.10.3.	Aumento della resistenza a taglio	" 337
4.10.4.	Azione di confinamento	" 337
4.10.5.	Miglioramento della giunzioni per aderenza	" 338
5.	CONSOLIDAMENTO DELLE FONDAZIONI	" 344
5.1.	Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica.....	" 344
5.2.	Le fondazioni.....	" 347
5.2.1.	Modello geotecnico.....	" 348

5.2.2.	Carico di rottura del terreno	p.	348
5.2.3.	Criteri generali di progetto	"	351
5.2.3.1.	Le onde sismiche.....	"	352
5.2.3.2.	Fenomeni di Liquefazione	"	355
5.3.	Fondazioni superficiali.....	"	357
5.3.1.	Verifiche della sicurezza e delle prestazioni	"	357
5.3.2.	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE).....	"	361
5.3.3.	Progettazioni per azioni sismiche	"	362
5.3.4.	Riduzione della capacità portante	"	364
5.3.5.	Carico limite terreno per effetti inerziali dovuti al sisma	"	366
5.3.6.	Carichi eccentrici su fondazioni superficiali.....	"	367
5.3.7.	Capacità portante con il metodo di RICHARDS	"	367
5.3.8.	Capacità portante con il metodo di MAUGERI.....	"	368
5.3.9.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU) e allo Stato Limite di Danno (SLD).....	"	368
5.3.9.1.	Stato Limite Ultimo di collasso per carico limite	"	369
5.3.9.2.	Stato Limite Ultimo per collasso per scorrimento sul piano di posa	"	369
5.3.9.3.	Stato Limite di Danno	"	370
5.4.	Tipologie di fondazioni dirette.....	"	370
5.4.1.	Fondazioni a plinto.....	"	370
5.4.2.	Verifica al punzonamento di lastre soggette a carichi concentrati	"	373
5.4.3.	Collegamenti orizzontali tra fondazioni.....	"	375
5.5.	Fondazioni a trave rovescia	"	376
5.5.1.	Metodo della trave rigida	"	377
5.5.2.	Metodo della trave elastica su suolo elastico	"	379
5.5.3.	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE).....	"	380
5.6.	Platee.....	"	381
5.7.	Cedimenti.....	"	381
5.7.1.	Cedimenti di fondazioni superficiali su sabbia	"	383
5.7.2.	Cedimenti assoluti e differenziali ammissibili	"	385
5.8.	Fondazioni indirette su pali.....	"	385
5.8.1.	Ripartizione del carico in una palificata.....	"	388
5.8.2.	Sintesi normativa fondazioni su pali.....	"	390
5.8.2.1.	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)	"	390
5.8.2.2.	Stati Limite Ultimi	"	393
5.8.2.3.	Stato Limite di Danno	"	394
5.9.	Consolidamento delle fondazioni	"	394
5.9.1.	Analisi del quadro fessurativo.....	"	395
5.9.2.	Sottofondazioni	"	399
5.9.2.1.	Sottofondazione per sottomurazione.....	"	399
5.9.3.	Allargamento della base fondale.....	"	399
5.9.4.	Consolidamento del terreno	"	400

5.9.5.	Sottofondazioni con pali	p.	401
5.9.6.	Micropali	"	405
5.9.6.1.	Comportamento dei micropali <i>Tubifix</i> nei confronti dello sforzo assiale	"	406
5.9.6.2.	Portata laterale – Mayer – Modificato.....	"	407
5.10.	Micropali in acciaio infissi di piccolo diametro.....	"	411
5.11.	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di fondazioni miste	"	413
5.12.	Verifiche agli stati Limite di esercizio (SLE) delle fondazioni miste	"	413
6.	COSTRUZIONI ESISTENTI IN CEMENTO ARMATO	"	415
6.1.	Tipologie edifici esistenti in muratura	"	422
6.2.	Il rilievo geometrico e topologico.....	"	425
6.2.1.	Il quadro fessurativo.....	"	426
6.3.	Diagnostica dello Stato Attuale.....	"	428
6.3.1.	Indagini non distruttive su murature esistenti	"	429
6.3.1.1.	Endoscopia	"	429
6.3.1.2.	Termografia	"	430
6.3.1.3.	Martinetti piatti	"	430
6.3.1.4.	Prove soniche/ultrasoniche	"	432
6.3.1.5.	Indagini sclerometriche.....	"	434
6.3.1.6.	Prove di pull-out	"	434
6.3.1.7.	Indagini con pacometro	"	435
6.3.1.8.	Valori tabellari di normativa	"	435
6.4.	Interventi sulle murature in elevazione.....	"	438
6.4.1.	Le tecniche di intervento sulle murature	"	438
6.4.1.1.	Risarciture localizzate (cuci scuci)	"	438
6.4.1.2.	Iniezioni di miscele leganti	"	438
6.4.1.3.	Perforazioni armate	"	439
6.4.1.4.	Paretine di contenimento.....	"	439
6.4.1.5.	Cerchiature, catene, tiranti	"	440
6.4.1.6.	Cordoli in cemento armato.....	"	444
6.4.1.7.	Cerchiature e contenimento di pilastri	"	445
6.4.1.8.	Cucitura attiva della muratura – CAM.....	"	449
6.5.	Interventi di tipo locale o di riparazione.....	"	450
6.5.1.	Apertura vani in pareti esistenti e calcolo cerchiature	"	451
6.5.2.	Interventi migliorativi soggetti a sole verifiche semplificate	"	458
6.5.3.	Altri interventi di modesta entità che si possono essere considerati come locali.....	"	460
6.6.	Interventi di sopraelevazione di edifici esistenti.....	"	466
6.7.	Meccanismi locali di collasso per le murature.....	"	469
6.7.1.	Ribaltamento semplice di parete	"	475
6.7.2.	Ribaltamento semplice della parte alta di parete monolitica	"	477
6.7.3.	Ribaltamento semplice di parete a doppia cortina	"	478
6.7.4.	Ribaltamento composto di parete	"	478

6.7.5.	Ribaltamento composto di cuneo diagonale – parte alta.....	p. 479
6.7.6.	Ribaltamento composto di cuneo a doppia diagonale.....	" 480
6.7.7.	Ribaltamento del cantonale.....	" 480
6.7.8.	Flessione verticale di parete.....	" 480
6.7.9.	Flessione verticale di parete monolitica ad un solo piano.....	" 480
6.7.10.	Flessione verticale di parete monolitica a più piani.....	" 481
6.7.11.	Flessione verticale di parete a doppia cortina ad un solo piano....	" 483
6.7.12.	Flessione verticale di parete a doppia cortina a più piani.....	" 483
6.7.13.	Flessione orizzontale di parete.....	" 483
6.7.14.	Flessione orizzontale di parete confinata.....	" 484
6.7.15.	Flessione orizzontale di parete a doppia cortina.....	" 484
6.7.16.	Sfondamento della parete del Timpano.....	" 484
6.7.17.	Analisi Limite dell'Equilibrio (approccio cinematico – metodo dei lavori virtuali).....	" 485
6.8.	Criteri generali di progettazione.....	" 486
6.9.	Valutazione della sicurezza.....	" 488
6.10.	Classificazione degli interventi.....	" 491
6.10.1.	Intervento di adeguamento.....	" 491
6.10.2.	Intervento di miglioramento.....	" 494
6.10.3.	Riparazione o intervento locale.....	" 494
6.11.	Caratterizzazione meccanica dei materiali.....	" 495
6.12.	Livelli di conoscenza.....	" 495
6.12.1.	I livelli di conoscenza per le costruzioni in muratura portante.....	" 496
6.13.	Costruzioni in cemento armato.....	" 498
6.13.1.	I livelli di conoscenza per costruzioni in cemento armato o acciaio.....	" 498
6.13.2.	Stato limite di collasso.....	" 501
6.13.3.	Analisi statica lineare con fattore q	" 503
6.13.4.	Edifici in c.a.: verifica con lo spettro elastico ($q = 1$), analisi lineare.....	" 503
6.13.5.	Analisi dinamica modale con spettro di risposta o con fattore q	" 504
6.13.6.	Verifica con analisi statica non lineare (Pushover).....	" 504
6.13.7.	Stato limite di salvaguardia della vita.....	" 505
6.13.8.	Stato limite di esercizio.....	" 505
6.13.9.	Criteri di analisi e di verifica della sicurezza per edifici in cemento armato.....	" 507
6.13.10.	Criteri e tipi di intervento.....	" 508
6.13.11.	Progetto dell'intervento.....	" 510
6.14.	Tecniche di consolidamento per edifici in cemento armato.....	" 511
6.14.1.	Applicazione di lamine in acciaio con la tecnica del «beton plaquè».....	" 511
6.14.2.	Rinforzo con fibre a matrice polimerica (FRP).....	" 512

6.14.3.	Incamicatura con nuove armature	p.	513
6.15.	Interventi locali e di miglioramento in edifici in cemento armato.....	"	513
6.15.1.	Criteri per il progetto del rafforzamento locale di nodi non confinati	"	514
6.15.2.	Inserimento di dissipatori passivi.....	"	523
6.15.3.	Isolatori sismici	"	523
6.16.	Verifica sismica Tamponamenti e strutture secondarie	"	524
6.16.1.	Verifica elementi secondari	"	524
6.16.2.	Verifica Tamponamenti	"	525
6.17.	Ampliamento edifici esistenti – giunto sismico.....	"	527
6.18.	Effetti dei Tamponamenti sul comportamento strutturale.....	"	528
6.18.1.	Influenza dei Tamponamenti nel calcolo dei telai.....	"	529
7.	EDIFICI MONOPIANO E INDUSTRIALI	"	537
7.1.	Tipologie di strutture prefabbricate in assenza di criteri antisismici	"	537
7.2.	Principi e criteri di intervento	"	539
7.2.1.	Carenze manifestate dagli edifici industriali prefabbricati monopiano rispetto all'azione sismica.....	"	539
7.2.1.1.	Carenza dei collegamenti	"	539
7.2.2.	Principi per la rapida messa in sicurezza degli edifici industriali monopiano	"	541
7.2.3.	Principi generali per la messa in sicurezza degli edifici industriali monopiano	"	541
7.3.	Criteri di progettazione	"	542
7.4.	Interventi di adeguamento su edifici industriali monopiano.....	"	545
7.4.1.	Procedure per la valutazione della sicurezza	"	545
7.4.2.	Criteri generali per l'adeguamento sismico dei capannoni industriali	"	546
7.4.3.	Interventi volti ad evitare crisi per perdita di appoggio	"	548
7.4.4.	Perdita di appoggio trave-pilastro	"	548
7.5.	Tipologie di intervento.....	"	551
7.5.1.	Perdita di appoggio copertura-trave	"	552
7.6.	Tipologie di intervento.....	"	552
7.6.1.	Interventi per evitare il collasso di elementi di tamponatura prefabbricati non adeguatamente ancorati alle strutture principali	"	554
7.7.	Interventi su elementi strutturali verticali danneggiati o carenti	"	555
7.7.1.	Fondazione.....	"	555
7.7.2.	Pilastri	"	556
7.8.	Costruzioni nuove con struttura prefabbricata in cemento armato.....	"	559
7.8.1.	Tipologie strutturali e fattori di comportamento q	"	560
7.8.2.	Collegamenti	"	561
7.8.3.	Regole di progetto.....	"	562
7.8.4.	Elementi strutturali.....	"	567

8. STRUTTURE MISTE MURATURA-CEMENTO ARMATO	p. 568
8.1. Tipologie di edifici misti muratura-cemento armato	" 568
9. VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO	" 572
9.1. Il Rischio sismico e classi di Rischio.....	" 572
9.2. Metodo Semplificato.....	" 574
9.3. Metodo analitico	" 580
10. IL SOFTWARE INCLUSO (in versione Desktop e WebApp).....	" 585
10.1. Note sul software incluso.....	" 585
10.2. Requisiti hardware e software.....	" 586
10.2.1. Utenti software Desktop.....	" 586
10.2.2. Utenti WebApp.....	" 586
10.3. Richiesta della password di attivazione del software	" 586
10.4. Installazione ed attivazione del software Desktop (utenti MS Windows).....	" 587
10.5. Utilizzo della WebApp.....	" 587
10.6. Assistenza tecnica (TicketSystem).....	" 587
BIBLIOGRAFIA.....	" 588
– Riferimenti normativi.....	" 589

PREFAZIONE

Il presente testo, aggiornato alle nuove NTC 2018 di cui al D.M. 17 gennaio 2018, vuole essere il naturale completamento del volume *Recupero edilizio strutture in muratura* (Ed. Grafill, 2017) e tratta degli edifici esistenti in cemento armato.

Il patrimonio edilizio esistente in Italia è costituito in massima parte da edifici con struttura in muratura portante o cemento armato realizzati prima dell'introduzione delle normative anti-sismiche. Basti pensare che le prime norme tecniche sismiche in Italia sono state introdotte nel 1982; il R.D. del dicembre 1909 aveva introdotto delle liste di comuni classificati sismici poi il R.D. n. 431 del 1927, e successivi, introdusse due categorie sismiche e delle prescrizioni differenziate per ciascuna categoria; il R.D. n. 431 del 1937 introduce una stima delle forze sismiche nelle due categorie introducendo anche «*norme del buon costruire per i comuni non classificati*». La legislazione sismica vigente è essenzialmente basata sull'apparato normativo della legge 2 febbraio 1974, n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche e che ha integralmente sostituito la legge 25 novembre 1961, n. 1684, nonché la legge 5 novembre 1971, n. 1086, recante norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica. Con la Legge n. 64/1974 si delega il Ministero dei lavori Pubblici all'emanazione di nuove norme tecniche per le costruzioni da effettuarsi con decreto ministeriale, di concerto con il Ministro per l'interno, sentito il Consiglio superiore dei lavori Pubblici con la collaborazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e all'aggiornamento della classificazione sismica attraverso appositi decreti ministeriali. Successivamente gli studi di carattere sismologico svolti all'interno del progetto finalizzato «*geodinamica*» del CNR, avvenuti dopo i terremoti del Friuli Venezia Giulia del 1976 e di quello dell'Irpinia del 1980, portarono ad un aumento delle conoscenze sulla sismicità del territorio nazionale; queste conoscenze hanno consentito la formulazione di una proposta di classificazione sismica, tradotta in una serie di decreti del Ministero dei lavori pubblici approvati tra il 1980 e il 1984 e che hanno costituito la classificazione sismica italiana fino all'emanazione dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003.

Il risultato è che il patrimonio edilizio esistente è un insieme di fabbricati ad alta vulnerabilità sismica anche e soprattutto per quanto riguarda gli edifici di alto pregio architettonico di cui l'Italia è, fortunatamente ricchissima.

Tutto questo rende problematica l'affidabilità delle verifiche strutturali. Per questo motivo le verifiche analitiche sono un supporto al progettista solo se queste sono recepite con spirito critico e devono essere accompagnate da una valutazione di sintesi globale sullo stato di *salute* del fabbricato.

Questo testo vuole dare un contributo alla conoscenza sulle principali tecniche di intervento per consolidamento e miglioramento sismico degli edifici in cemento armato esistenti.

Un capitolo è dedicato agli interventi di recupero dei fabbricati artigianali industriali o commerciali prefabbricati.

Naturalmente per conoscere ed applicare le innumerevoli tecniche oggi a disposizione occorre conoscere anche i metodi di calcolo classici della *Scienza delle costruzioni*. Per tale motivo nel testo è stato dato ampio spazio all'analisi dei carichi statica e sismica ed ai metodi di verifica di sezioni e componenti in cemento armato.

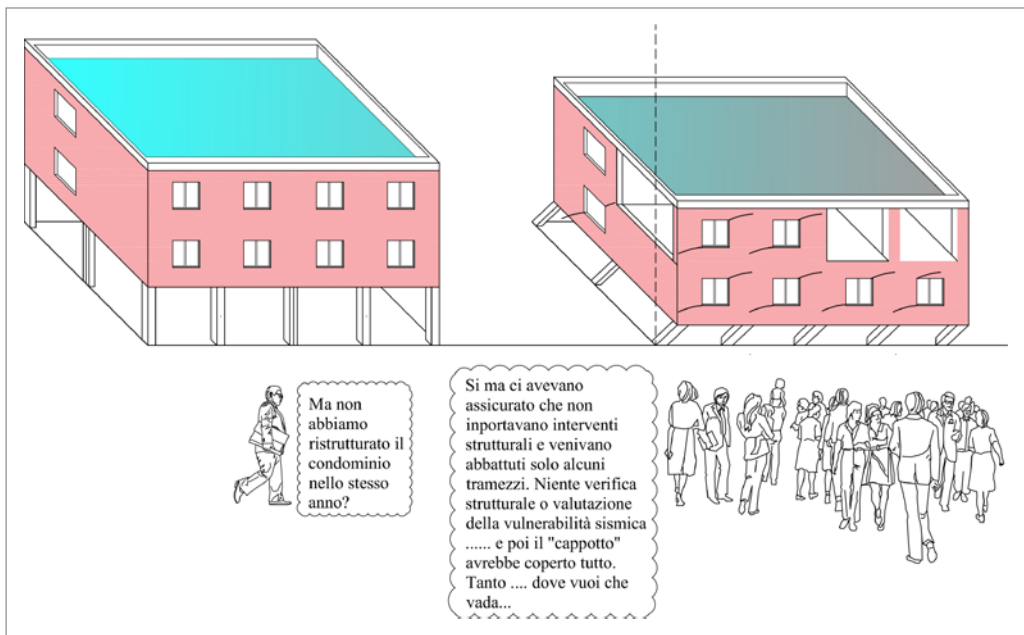
Il libro tratta del recupero delle strutture in cemento armato, gli elementi cosiddetti secondari, delle fondazioni dirette e indirette, delle coperture e dei solai in laterocemento.

La prima parte del volume è dedicata all'analisi dei carichi ed ai materiali da costruzione nuovi e tradizionali.

Dal testo si deduce in definitiva l'importanza della cultura e dell'esperienza del progettista che è chiamato a scegliere le tecniche più opportune per assicurare la stabilità globale o di singole parti del fabbricato.

Cascina (PI), settembre 2018

Ing. RICCARDO MARIOTTI



ANALISI DEI CARICHI: AZIONE SIMICA E METODI DI ANALISI STRUTTURALE

1.1. Carichi verticali e masse

La prima fase progettuale consiste nel definire i carichi agenti sulla costruzione in progetto. La descrizione e la definizione dei carichi nominali e/o caratteristici devono essere espressamente indicate negli elaborati progettuali.

Le azioni permanenti da inserire nelle combinazioni di carico legate all'azione gravitazionale sono determinate a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali di cui è composta la costruzione, sia nelle parti strutturali sia in quelle non strutturali, e sono distinti dalla normativa tra peso proprio degli elementi strutturali e carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti (G_1) e peso proprio degli elementi non strutturali portati non compiutamente definiti (G_2). La distinzione tra i carichi G_1 e G_2 spetta al professionista.

1.1.1. Pesi propri dei materiali strutturali

Per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali possono essere assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella tabella 3.1.I del D.M. 17/01/2018.

1.1.2. Carichi permanenti non strutturali (G_2)

Sono considerati carichi permanenti non strutturali tutti i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro. In alcuni casi è necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti. In presenza di orizzontamenti anche con orditura unidirezionale ma con capacità di ripartizione trasversale, i carichi permanenti portati ed i carichi variabili potranno assumersi, per la verifica d'insieme, come uniformemente ripartiti. In caso contrario, occorre valutarne le effettive distribuzioni.

1.1.3. Elementi divisorii interni (tramezzi)

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e uffici, il peso proprio di elementi divisorii interni (tramezzi) potrà essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito g_{2k} , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare un'adeguata ripartizione del carico. Il carico uniformemente distribuito g_{2k} ora definito dipende dal peso proprio per unità di lunghezza G_{2k} delle partizioni nel modo seguente:

- per elementi divisorii con $G_2 \leq 1,00$ kN/m: $g_2 = 0,40$ kN/m²;
- per elementi divisorii con $1,00 < G_2 \leq 2,00$ kN/m: $g_2 = 0,80$ kN/m²;
- per elementi divisorii con $2,00 < G_2 \leq 3,00$ kN/m: $g_2 = 1,20$ kN/m²;
- per elementi divisorii con $3,00 < G_2 < 4,00$ kN/m: $g_2 = 1,60$ kN/m²;
- per elementi divisorii con $4,00 < G_2 < 5,00$ kN/m: $g_2 = 2,00$ kN/m².

I tramezzi e gli impianti leggeri di edifici per abitazioni e uffici possono assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversale.

1.2. Carichi variabili

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²];
- carichi verticali concentrati Q_k [kN];
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m].

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k sono riportati nella tabella 1.1 e sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di risonanza delle strutture.

Tabella 1.1. Carichi variabili secondo le NTC 2018 (rif. tab. 3.1.II NTC 2018)

Cat.	Ambienti	q_k kN/m ²	Q_k kN	H_k kN/m
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B1 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali, chiese, teatri, cinema, teatri, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4 Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5 Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	

[segue]

MATERIALI

2.1. Materiali compositi FRP

Gli FRP (*Fiber Reinforced Polymer*, ossia materiale polimerico fibrorinforzato) appartengono alla vasta famiglia dei *compositi strutturali*.

Gli FRP sono materiali costituiti da fibre di rinforzo immerse in una matrice polimerica che è normalmente costituita da resine di tipo termoindurente generalmente resine epossidiche e più raramente in poliestere e in poliuretano (per miscelazione con un opportuno reagente esse polimerizzano, reticolano, fino a diventare un materiale solido vetroso).

Nei compositi fibrorinforzati le fibre sono gli elementi portanti sia in termini di resistenza che di rigidità, mentre la matrice, oltre a proteggere le fibre, funge da elemento di trasferimento degli sforzi tra le fibre e tra queste ultime e l'elemento strutturale a cui il composito è stato applicato.

Le fibre possono essere disposte in tutte le direzioni, secondo i dati di progetto, in maniera tale da ottimizzare le proprietà meccaniche del composito nelle direzioni desiderate. La caratteristica peculiare dei compositi strutturali è quella di fornire prestazioni meccaniche migliori o, perlomeno, più *complete* di quelle che sarebbero fornite dalle singole fasi componenti.

Le fibre più usate per la produzione di materiali compositi FRP sono quelle di vetro, di carbonio e le fibre aramidiche. La particolare geometria filiforme, ancorché molto versatile per la realizzazione dei compositi, conferisce a tali materiali caratteristiche di rigidità e di resistenza molto più elevate di quelle possedute dagli stessi materiali quando siano utilizzati in configurazione tridimensionale: ciò è dovuto alla minore densità di difetti che tipicamente compete alla configurazione monodimensionale rispetto a quest'ultima.

2.1.1. Tipi di fibre disponibili in commercio e classificazione

Le fibre sono costituite da filamenti continui molto sottili difficili da manipolare singolarmente. Per questo motivo le fibre commercialmente sono disponibili in varie forme, di cui le più comuni sono:

- filamento (*monofilament*): elemento base con dimensioni di circa 10 mm di diametro;
- cavo di filatura (*tow*): è il prodotto della macchina di filatura ed è costituito da un fascio formato da un gran numero di filamenti (dell'ordine delle migliaia), praticamente senza torsione, destinato ad essere filato, ritorto o strappato per l'utilizzazione sotto forma di fibra discontinua;
- filo o filato (*spun yarn*): filo formato da fibre tenute insieme da torsione;
- filo assemblato (*roving*): fascio costituito da filati assemblati parallelamente e senza torsione intenzionale.

Combinando insieme alcune centinaia di tows (cavi di filatura) o yarns (filo o filato) si ottiene il tape, in cui i cavi di filatura o i fili possono essere semplicemente affiancati oppure cuciti tra loro o fissati su un supporto.

La classificazione delle fibre è derivata direttamente da quella tradizionalmente utilizzata per le fibre tessili.

I filamenti costituenti i filati sono caratterizzati essenzialmente dalla composizione chimica e dalla massa per unità di lunghezza.

L'unità di misura della massa lineare o titolo (massa per unità di lunghezza) secondo la norma ISO 1144:1973(E) è il Tex, equivalente a 1 g per km di fibra.

Un'altra unità di misura di massa lineare, ormai obsoleta, è il denaro (denier), che equivale a 0.111 Tex.

I rinforzi sono costituiti da:

1. Fibre di carbonio (nota come FRP *Carbon Fiber Reinforced Polymer*): le fibre di carbonio si distinguono in fibre ad alta resistenza ed elevato modulo elastico ed in fibre ad alta resistenza ed elevatissimo modulo elastico (HM).

Sono fibre usate per la fabbricazione di compositi ad elevate prestazioni e si distinguono per il loro alto modulo di elasticità normale e per la loro elevata resistenza. Queste presentano un comportamento a rottura intrinsecamente fragile caratterizzato da un assorbimento di energia relativamente modesto, anche se le tensioni di rottura sono elevate.

A confronto con le fibre di vetro e con quelle aramidiche, le fibre di carbonio risultano essere le meno sensibili ai fenomeni di scorrimento viscoso (*creep*) e di fatica e sono contraddistinte da una modesta riduzione della resistenza a lungo termine.

«La struttura cristallina della grafite è di tipo esagonale, con gli atomi di carbonio organizzati in strutture essenzialmente planari, tenute insieme da forze trasversali di interazione del tipo Van der Waals, di gran lunga più deboli rispetto a quelle che agiscono tra gli atomi di carbonio nel piano (legami covalenti). Per tale motivo il loro modulo di elasticità normale e la loro resistenza sono estremamente elevati nelle direzioni contenute nei suddetti piani, mentre risultano notevolmente inferiori nella direzione trasversale (comportamento anisotropo).

La struttura delle fibre di carbonio non è completamente cristallina come quella della grafite. Il termine «fibre di grafite» viene tuttavia utilizzato nel linguaggio comune, anche se in modo improprio, per indicare fibre con un contenuto di carbonio maggiore del 99%; il termine «fibre di carbonio» indica, invece, fibre con un contenuto di carbonio variabile tra l'80 ed il 95%.

Il numero di filamenti contenuti nel cavo di filatura (tow) può variare da 400 a 160000.

La moderna tecnologia di produzione delle fibre di carbonio si basa essenzialmente sulla pirolisi, cioè la decomposizione termica in assenza di ossigeno di sostanze organiche, dette precursori, tra le quali le più usate sono le fibre di poliaccrilonitrile (PAN) e di rayon. Le fibre di PAN vengono dapprima «stabilizzate», cioè sottoposte ad un trattamento termico a 200-240 °C per 24 h in aria, affinché la loro struttura molecolare subisca un'orientazione preferenziale nella direzione del carico applicato. In seguito subiscono un trattamento di carbonizzazione a 1500 °C in atmosfera inerte, durante il quale la maggior parte degli elementi chimici diversi dal carbonio, presenti nel precursore, sono eliminati. Le fibre carbonizzate possono quindi essere sottoposte ad un trattamento di grafitizzazione in atmosfera inerte a 3000 °C durante il quale la struttura cristallina delle fibre può svilupparsi completamente, avvicinandosi a quella della grafite pura. Gli FRP a base di fibre di carbonio si denotano usualmente con l'acronimo CFRP».

2. Fibre di vetro (nota con l'acronimo di GFRP *Glass Fiber Reinforced Polymer* oppure dette PRFV Poliestere Rinforzato con Fibra di Vetro). Poliestere Rinforzato con Fibra di Vetro): le fibre di vetro sono del tipo vetro E oppure del tipo vetro A.R. resistenti agli alcali.

EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

3.1. Verifiche agli Stati Limite sezioni in cemento armato

La sicurezza e le prestazioni delle strutture devono essere valutate in relazione ai seguenti Stati Limite.

Stati Limite Ultimi

- a) perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- b) spostamenti o deformazioni eccessive;
- c) raggiungimento della massima capacità di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- d) raggiungimento della massima capacità della struttura nel suo insieme;
- e) raggiungimento di una condizione di cinematismo irreversibile;
- f) raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- g) rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- h) rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- i) instabilità di parti della struttura o del suo insieme.

In presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite Ultimi comprendono gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e gli Stati Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Stati Limite di Esercizio

- a) danneggiamenti locali (ad esempio eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- b) spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- c) spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- d) vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e) danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- f) corrosione e/o degrado dei materiali in funzione del tempo e dell'ambiente di esposizione che possano compromettere la durabilità.

In presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite di Esercizio comprendono gli Stati Limite di Operatività (SLO) e gli Stati Limite di Danno (SLD).

3.2. Verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio

Le opere strutturali, salvo casi specifici, devono essere verificate per:

- gli stati limite ultimi che possono presentarsi;
- gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese;

- nei confronti degli effetti derivanti dalle azioni termiche, quando necessario, connesse con lo sviluppo di un incendio.

Le verifiche delle opere strutturali devono essere contenute nei documenti di progetto, con riferimento alle prescritte caratteristiche meccaniche dei materiali e alla caratterizzazione geotecnica del terreno, dedotta in base a specifiche indagini.

Laddove necessario, la struttura deve essere verificata nelle fasi intermedie, tenuto conto del processo costruttivo previsto; le verifiche per queste situazioni transitorie sono generalmente condotte nei confronti dei soli stati limite ultimi.

Per le opere per le quali nel corso dei lavori si manifestino situazioni significativamente difformi da quelle di progetto occorre effettuare le relative necessarie verifiche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa nella forma:

$$E_d \leq R_d$$

La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (C_d), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (E_d), attraverso la seguente espressione:

$$E_d \leq C_d$$

3.2.1. Resistenze di calcolo dei materiali

Le resistenze di calcolo f_d indicano le resistenze dei materiali, calcestruzzo ed acciaio, e si calcolano mediante l'espressione:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

dove:

- f_k sono le resistenze caratteristiche del materiale;
- γ_m sono i coefficienti parziali per le resistenze, comprensivi delle incertezze del modello e della geometria, che possono variare in funzione del materiale, della situazione di progetto e della particolare verifica in esame.

3.2.2. Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo e modulo elastico

Per il calcestruzzo la resistenza di calcolo a compressione, f_{cd} , è:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

dove:

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata pari a 0,85;
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo pari a 1,5;
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

$$f_{cd} = \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{1,5}$$

RINFORZO DI STRUTTURE DI CEMENTO ARMATO E DI C.A.P.

4.1. Rinforzo di strutture con materiali compositi FRP

4.1.1. Meccanismi di rottura per distacco dal supporto e valutazione della resistenza

Negli interventi di rinforzo di elementi di calcestruzzo mediante lamine o tessuti di materiale FRP assume grande importanza l'aderenza tra calcestruzzo e composito in quanto il meccanismo di rottura per distacco dal supporto è di tipo fragile.

Nel rispetto del criterio di *gerarchia delle resistenze* il meccanismo di rottura per distacco dal supporto non deve precedere il collasso per flessione o per taglio dell'elemento rinforzato.

La perdita di aderenza tra composito e calcestruzzo interessa sia il rinforzo applicato all'intradosso di travi di cemento armato, nel caso del rinforzo a flessione, che quello applicato sulle facce laterali (normalmente tessuti), nel caso di rinforzo a taglio.

In linea di principio il distacco del composito dal supporto può prodursi all'interno dell'adesivo, tra calcestruzzo ed adesivo, nel calcestruzzo o all'interno del rinforzo come nel caso di strati sovrapposti di composito (**figura 4.1**).

Poiché la resistenza a taglio dell'adesivo è in genere molto più elevata di quella del calcestruzzo, la rottura si produce all'interno di quest'ultimo con asportazione di uno strato di materiale di spessore variabile da pochi millimetri fino ad arrivare ad interessare l'intero copriferro. Un ruolo fondamentale nei vari meccanismi di collasso lo ha la corretta posa in opera dei rinforzi in FRP.

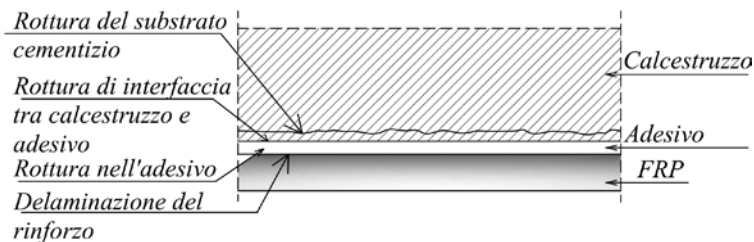


Figura 4.1. Perdita di aderenza tra rinforzo e calcestruzzo

Il collasso per distacco dal supporto del rinforzo a flessione applicato all'intradosso di una trave può avvenire in uno dei seguenti quattro modi, rappresentati schematicamente in **figura 4.2**:

- Modo 1 (*Distacco di estremità*);
- Modo 2 (*Distacco intermedio, causato da fessure per flessione nella trave*);
- Modo 3 (*Distacco causato da fessure diagonali da taglio nella trave*);
- Modo 4 (*Distacco causato da irregolarità e rugosità della superficie di calcestruzzo*).

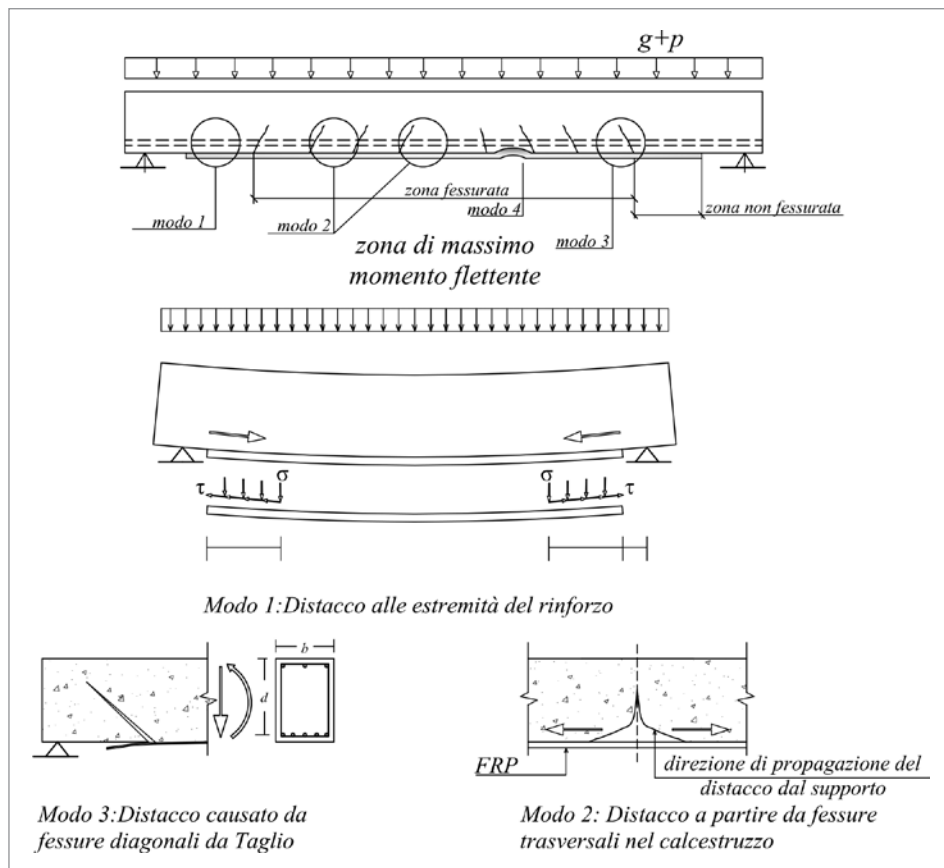


Figura 4.2. Trave rinforzata a flessione con lamine di FRP: modi di rottura per distacco dal supporto

I modi più frequenti di distacco sono il modo 1 (*Distacco di estremità*) ed il modo 2 (*Distacco intermedio, causato da fessure per flessione nella trave*).

Per prevenire il manifestarsi dei modi 3 e 4 occorre analizzare l'accertamento preventivo delle condizioni del supporto e la preparazione preventiva del substrato su cui il rinforzo deve essere applicato oltre alla messa in opera del composito.

Il controllo preventivo delle condizioni di deterioramento del substrato può portare anche all'adozione di provvedimenti atti a migliorarne lo stato, fino a rimuovere e ricostruire le parti ammalorate. Talvolta devono essere previsti provvedimenti di pulizia e passivazione delle armature metalliche corrose.

In ogni caso la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 N/mm^2 . In caso contrario, la tecnica di rinforzo con lamine o tessuti in FRP non può essere applicata.

I sistemi tecnologici utilizzati per l'ancoraggio delle estremità di lamine o tessuti devono essere oggetto di idonee indagini sperimentali condotte secondo criteri normalizzati. Il protocollo di applicazione deve riguardare sia i materiali utilizzati (adesivi e rinforzi) che la successio-

CONSOLIDAMENTO DELLE FONDAZIONI

5.1. Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo, cioè quella parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso, e devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

In particolare devono essere presi in considerazione i dati geotecnici riguardanti la stratigrafia del terreno, il regime delle pressioni interstiziali, le caratteristiche meccaniche dei terreni e tutti gli altri elementi significativi del sottosuolo, nonché le proprietà dei materiali da impiegare per la costruzione di opere di materiali sciolti.

Inoltre la caratterizzazione degli ammassi rocciosi richiede l'individuazione dei sistemi di discontinuità presenti (forma, apertura, continuità, scabrezza, riempimento) e la definizione della loro giacitura e spaziatura.

I risultati delle indagini e prove geotecniche in sito devono essere documentati con:

- una planimetria della zona con indicate le posizioni delle verticali di indagine;
- indicazioni sui tipi e le caratteristiche delle attrezzature impiegate;
- i profili stratigrafici ottenuti dalle perforazioni di sondaggio e dagli scavi esplorativi;
- i particolari esecutivi delle prove e delle misure eseguite;
- i risultati delle prove e delle misure eseguite;
- le notizie di eventuali eventi particolari verificatisi durante l'esecuzione dei lavori e ogni altro dato utile per la caratterizzazione del sottosuolo.

Nella seguente tabella 5.1 sono riportati i mezzi di indagine e le prove geotecniche in sito di più frequente uso.

Tabella 5.1. *Mezzi di indagine e prove geotecniche in situ*

Proprietà fisiche e meccaniche	Terreni a grana fine	Prove penetrometriche Prove scissometriche Prove dilatometriche Prove pressiometriche Prove di carico su piastra Prove di laboratorio
	Terreni a grana grossa	Prove penetrometriche Prove di carico su piastra Prove di laboratorio
	Rocce	Prove speciali in situ (prove di taglio) Prove di carico su piastra Prove di laboratorio
Misure di pressione interstiziale	Terreni di qualsiasi tipo	Piezometri
Permeabilità	Terreni a grana fine	Misure piezometriche Prove di laboratorio
	Terreni a grana grossa	Prove idrauliche in fori di sondaggio Prove di emungimento da pozzi
Verifica di procedimenti tecnologici	Palificate	Prove di carico su pali singoli Prove di carico su gruppi di pali
	Impermeabilizzazioni	Prove di permeabilità in situ e misura di altezza piezometrica prima e dopo l'intervento
	Consolidamenti	Determinazione delle proprietà meccaniche in situ prima e dopo l'intervento Prove di laboratorio
Indagini di tipo geofisico	In foro con strumentazione in profondità	Cross hole Down hole Con <i>suspension logger</i>
	Senza esecuzioni di fori, con strumentazione in profondità	Penetrometro sismico Dilatometro sismico
	Con strumentazione in superficie	Prove SASW Prove di rifrazione sismica Prove di riflessione sismica

Relazione geotecnica

La Relazione Geotecnica contiene i principali risultati ottenuti dalle indagini e prove geotecniche, descrive la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera, e riassume i risultati delle analisi svolte per la verifica delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni d'esercizio del sistema costruzione-terreno.

I principali contenuti di una Relazione Geotecnica possono essere schematizzati come segue:

- descrizione delle opere e degli interventi;
- problemi geotecnici e scelte tipologiche;
- descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche;

COSTRUZIONI ESISTENTI IN CEMENTO ARMATO

L'Italia è un paese ad alta vulnerabilità sismica e pertanto la sicurezza delle costruzioni esistenti è di fondamentale importanza oltre che per la sicurezza di persone e cose anche per il valore storico e artistico di buona parte del patrimonio edilizio esistente.

Le tipologie strutturali dei fabbricati esistenti sono molto variegata, si pensi alle strutture murarie con orizzontamenti di diversa tipologia, presenza di archi, volte catene, ecc., strutture in cemento armato ordinario o prefabbricate.

È pertanto molto problematico trovare soluzioni univoche e standardizzate per i metodi di verifica e di progetto ed anche per le numerose tecnologie di intervento tradizionali e moderne oggi disponibili.

Per costruzioni *esistenti*, alle quali si applicano le norme contenute nel capitolo specifico dedicato dalle nuove Norme Tecniche per Costruzioni, si intendono quelle la cui struttura sia già stata completamente realizzata alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento.

Qualora la costruzione non sia totalmente completata, occorre identificare le situazioni in cui la struttura può considerarsi ormai completamente realizzata o meno. Per la costruzione in cemento armato o acciaio con struttura completamente realizzata si intende quella per cui, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, sia stata redatta la relazione di *fine lavori* ai sensi dell'art. 65 del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001 n. 380.

L'attuale normativa introduce importanti novità riguardanti il patrimonio edilizio esistente, vengono introdotti, fra gli altri, i concetti di *livello di conoscenza*, relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali e *fattore di confidenza* che modifica i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza acquisito.

Si definiscono le situazioni nelle quali è necessario effettuare la valutazione della sicurezza, che, per le costruzioni esistenti, potrà essere eseguita con riferimento ai soli Stati limite ultimi.

In particolare si prevede che la valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano interventi strutturali e dovrà essere determinato il livello di sicurezza della costruzione prima e dopo l'intervento.

Il Progettista dovrà esplicitare nella Relazione Tecnica i livelli di sicurezza già presenti e quelli raggiunti con l'intervento, nonché le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

Vengono definiti alcuni passaggi fondamentali delle procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti, individuati nell'analisi storico-critica, nel rilievo geometrico-strutturale, nella **caratterizzazione meccanica dei materiali**, nella **definizione dei livelli di conoscenza** e dei conseguenti fattori di confidenza, nella definizione delle azioni e nella relativa analisi strutturale.

Valutazione della sicurezza

Si riporta integralmente il § 8.3 (*Valutazione della sicurezza*) delle NTC 2018:

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

La valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

- *l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;*
- *l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);*
- *sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.*

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- *riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;*
- *provati gravi errori di progetto o di costruzione;*
- *cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;*
- *esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;*
- *ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali locali di miglioramento o adeguamento sismico;*
- *opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.*

Qualora le circostanze di cui ai punti precedenti riguardino porzioni limitate della costruzione, la valutazione della sicurezza potrà essere effettuata anche solo sugli elementi interessati e su quelli con essi interagenti, tenendo presente la loro funzione nel complesso strutturale, posto che le mutate condizioni locali non incidano sostanzialmente sul comportamento globale della struttura.

Nella valutazione della sicurezza, da effettuarsi ogni qual volta si eseguano interventi strutturali di miglioramento o adeguamento, il progettista dovrà esplicitare in un'apposita relazione, esprimendoli in termini di rapporto fra capacità e domanda, i livelli di sicurezza precedenti all'intervento e quelli raggiunti con esso.

Qualora sia necessario effettuare la valutazione della sicurezza della costruzione, la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:

- *nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato;*
- *siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;*
- *siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.*

Allo scopo di verificare la sussistenza delle predette condizioni, si farà riferimento alla documentazione disponibile e si potrà omettere di svolgere indagini specifiche solo qualora, a giudizio esplicitamente motivato del professionista incaricato, sul volume di terreno significati-

EDIFICI MONOPIANO E INDUSTRIALI

7.1. Tipologie di strutture prefabbricate in assenza di criteri antisismici

In questo capitolo ci occuperemo di edifici prefabbricati monopiano o pluripiano con destinazione d'uso artigianale o industriale e commerciale.

Lo schema statico tipico delle strutture prefabbricate è quello di pilastri incastrati alla base ed incernierati in corrispondenza delle travi; pertanto il meccanismo di collasso si attiva con la generazione di zone plastiche solo al piede dei pilastri poiché le travi incernierate non contribuiscono alla dissipazione.

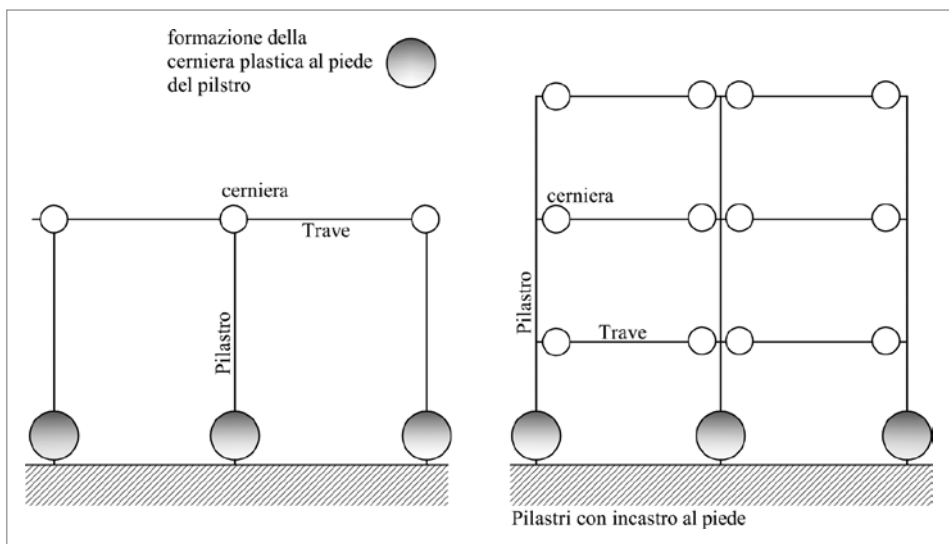


Figura 7.1. Schemi statici tipici edifici prefabbricati

Le strutture pluripiano prefabbricate sono costituite da pilastri monolitici a tutta altezza, da travi portanti, da impalcati e dalla copertura. Le travi principali portanti utilizzate hanno di solito le seguenti tipologie: sezione a T rovescio o ad L, bordi paralleli, ecc..

Gli impalcati intermedi sono in genere costituiti da tegoli nervati o solai a lastra e sono completati in opera da getti di calcestruzzo armato, con spessori variabili fra 5 e 10 cm, che, oltre ad incrementare le caratteristiche meccaniche, adempiono alle funzioni di distribuzione dei carichi e di solidarizzazione dell'insieme strutturale. Le luci tipiche variano dai 10 ai 15 metri; le coperture sono spesso realizzate con i sistemi costruttivi identici a quelli utilizzati per le strutture monopiano.

Le strutture monopiano più comunemente diffuse sono quelle con elementi di copertura realizzate con travi a doppia pendenza; la copertura è completata con lastre impermeabilizzanti di vario tipo: elementi in cemento armato normale o precompresso nervati, solai in latero-cemento in c.a. e c.a.p con spessori variabili a seconda della luce del solaio stesso.

La pendenza della falda varia, normalmente, dal 5 al 10% per consentire qualsiasi tipo d'impermeabilizzazione favorendo lo smaltimento delle acque meteoriche.

Si possono trovare coperture con o senza lucernai o coperture a *shed* con la parte vetrata normalmente diretta verso il nord per evitare abbagliamenti all'interno dei locali.

Un'altra soluzione prevede elementi speciali per coperture posti direttamente sull'estradosso delle travi.

La trave ad I è utilizzata per luci indicativamente da 10 m a 15 m e con interassi indicativamente da 15 m a 30 m. La copertura è completata da coibentazione.

In alcuni casi si usano tegoli con profili particolari, detti alari accostati tra loro per formare coperture del tutto cieche, oppure distanziati e alternati con elementi leggeri di completamento, quali lastre traslucide completati o con pannelli sandwich o in lamiera.

La copertura è solitamente discontinua. Un'alternativa all'utilizzo delle travi ad I è l'impiego di travi ad H o ad Y con la realizzazione della conversa fra le testate delle voltine.

Le coperture piane possono essere realizzate anche con pannelli in cemento armato o cemento armato precompresso nervati posati sulla mensola inferiore delle travi a forma di L rovescia. La trave è utilizzata per luci indicativamente da 8 m a 15 m e con interassi indicativamente da 15 m a 25 m.

Altra tipologia tipica degli anni '70 sono le coperture a *shed* realizzate con travi reticolari o a bordi paralleli o travi a ginocchio diversamente intervallate con differenze di quote fra gli estradossi in modo tale da ricavare lucernai, normalmente esposti a nord. Sull'estradosso delle travi è posizionata la struttura di copertura di completamento realizzata con elementi piani a pannelli alveolari e più spesso con pannelli in latero-cemento e talvolta con tegoli nervati.

Completano l'involucro edilizio gli elementi di tamponamento, che possono essere realizzati in luce di pilastro o esterni ai pilastri. Le chiusure di tamponamento verticali possono essere realizzate con murature in blocchi di laterizio o calcestruzzo o con pannelli prefabbricati.

I pannelli prefabbricati possono essere disposti in tre diversi modi: pannelli verticali, pannelli orizzontali, facciate miste con pannelli verticali ed orizzontali.

Le strutture di copertura prefabbricate per le quali non era stata contemplata l'azione sismica sono state progettate per i seguenti carichi:

- Carichi gravitazionali (pesi propri, tramezzi, pavimento e sottofondo, ecc), permanenti e portati (G_1 e G_2);
- Carico del Vento (secondo il D.M. 16/01/1996 e precedenti normative);
- Carico Neve (secondo il D.M. 16/01/1996 e precedenti normative);
- Eventuali carriponte (secondo le norme CNR 10021);
- Stabilità locale e d'insieme: il D.M. 3 dicembre 1987 – *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate* – riporta infatti che:

«i singoli elementi dovranno essere verificati nei confronti dei fenomeni d'instabilità che possono innescarsi sia nelle fasi transitorie che nella fase finale, tenendo presente l'influenza delle deformazioni differite. Per quanto concerne la stabilità dell'insieme, sono neces-

STRUTTURE MISTE MURATURA-CEMENTO ARMATO

Gli edifici a struttura mista in muratura e cemento armato si sono diffusi come metodo costruttivo principalmente come evoluzione di edifici esistenti in muratura portante negli anni dal 1950 al 1980 circa, realizzati ex novo in muratura e cemento armato. Molto diffusi sono edifici nei quali il piano terra è realizzato tramite una scatola esterna in muratura portante, spesso in mattoni pieni, con all'interno pilastri e travi in cemento armato mentre i piani superiori sono realizzati completamente in muratura portante (quasi sempre in doppi-UNI).

Il piano terreno era spesso adibito ad officina, negozi, magazzini o garages molto ampi mentre al piano superiore si trovano le abitazioni.

Questo sistema costruttivo consentiva di sfruttare al meglio le potenzialità derivanti da ciascun materiale: resistenza sismica unita a maggiore flessibilità nella distribuzione architettonica degli spazi, con ampi locali interni e/o porticati esterni.

Nel caso di intervento strutturale su edifici concepiti con tale tipologia occorre anzitutto capire se effettivamente entrambi i materiali partecipino alla resistenza sismica della struttura o se non si tratti invece di un edificio con caratteristiche omogenee, in muratura portante piuttosto che cemento armato. Più avanti, nel presente capitolo, si tratta un metodo di calcolo per classificare l'edificio misto o omogeneo.

Se si tratta di edifici misti, è necessario prevedere modellazioni ed analisi che tengano in considerazione le particolarità strutturali presenti e l'interazione tra elementi strutturali di diverso materiale e rigidità.

Particolare attenzione deve essere prestata infine alla verifica dei collegamenti fra elementi di tecnologia diversa.

8.1. Tipologie di edifici misti muratura-cemento armato

Il § C7.8.4 della Circolare n. 617/2009 riportava testualmente:

La trasmissione delle azioni sismiche in una struttura mista può avvenire attraverso un organismo strutturale che presenti elementi in muratura ed elementi in cemento armato o acciaio o legno od altra tecnologia disposti altimetricamente allo stesso piano oppure disposti altimetricamente su piani successivi.

Pertanto sono considerati edifici misti in muratura e cemento armato o acciaio quegli organismi strutturali che presentano membrature in cemento armato e setti murari non in aderenza, disposti altimetricamente sullo stesso piano o su piani successivi.

La progettazione di nuovi edifici con struttura mista implica il rispetto di alcune condizioni specificate al § 7.8.5 delle NTC 2018:

Nell'ambito delle costruzioni di muratura è consentito utilizzare strutture di diversa tecnologia per sopportare i carichi verticali, purché la resistenza all'azione sismica sia integralmente affidata agli elementi di identica tecnologia. Nel caso in cui si affidi integralmente la resistenza alle pareti in muratura, per esse devono essere rispettate le prescrizioni [delle NTC 2018]. Nel caso si affidi integralmente la resistenza alle strutture di altra tecnologia (ad esempio pareti in c.a.), devono essere seguite le regole di progettazione riportate nei relativi capitoli [delle NTC 2018]. In casi in cui si ritenesse necessario considerare la collaborazione delle pareti in muratura e dei sistemi di diversa tecnologia nella resistenza al sisma, quest'ultima deve essere verificata utilizzando i metodi di analisi non lineare.

I collegamenti fra elementi di tecnologia diversa devono essere espressamente verificati. Particolare attenzione deve essere prestata alla verifica dell'efficace trasmissione dei carichi verticali. Inoltre è necessario verificare la compatibilità delle deformazioni per tutte le parti strutturali. È consentito altresì realizzare costruzioni costituite da struttura muraria nella parte inferiore e sormontate da un piano con struttura in calcestruzzo armato o acciaio o legno o altra tecnologia, alle seguenti condizioni:

- i limiti all'altezza delle costruzioni previsti per le strutture in muratura si intendono comprensivi delle parti in muratura e di quelle in altra tecnologia;
- la parte superiore di diversa tecnologia sia efficacemente ancorata al cordolo di coronamento della parte muraria;
- nel caso di metodo di analisi lineare, l'uso dell'analisi statica

[$T_1 \leq 2,5 T_c$ e $T_1 \leq T_D$ per costruzione regolare in altezza e il coefficiente $\lambda = 1$]

è consentito a patto di utilizzare una distribuzione di forze compatibile con la prima forma modale elastica in ciascuna direzione, calcolata con metodi sufficientemente accurati che tengano conto della distribuzione irregolare di rigidezza in elevazione. A tal fine, in assenza di metodi più accurati, la prima forma modale può essere stimata dagli spostamenti ottenuti applicando staticamente alla costruzione la distribuzione di forze definita:

$$F_i = \frac{F_h \cdot z_i \cdot W}{\sum (z_j \cdot W_j)}$$

dove:

$$F_h = \frac{S_d(T_1) \cdot W \cdot I}{g}$$

F_i è la forza da applicare alla massa i -esima;
 W_i e W_j sono i pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j ;
 z_i e z_j sono le quote, rispetto al piano di fondazione delle masse i e j ;
 $S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto;
 W è il peso complessivo della costruzione;
 λ è un coefficiente pari a 1,0 per le costruzioni miste;
 g è l'accelerazione di gravità.

- nel caso di analisi statica non lineare, si utilizzino le distribuzioni di forze orizzontali previste al § 7.3.4.2 [delle NTC 2018], dove la prima forma modale elastica è stata calcolata con metodi sufficientemente accurati;
- nel caso di analisi lineare, per la verifica della parte in muratura si utilizzi il fattore di comportamento $q = q_0 \cdot K_R$ [già descritto al § 1.7.7. del presente testo]; per la verifica della parte superiore di altra tecnologia si utilizzi il fattore di comportamento adatto alla tipologia costruttiva e alla configurazione (regolarità) della parte superiore, comunque non superiore a 2,5;
- tutti i collegamenti fra la parte di diversa tecnologia e la parte in muratura siano localmente verificati in base alle forze trasmesse calcolate nell'analisi, maggiorate del 30%.

Le situazioni più ricorrenti di tipologie di edifici esistenti con struttura mista sono:

IL SOFTWARE INCLUSO (in versione Desktop e WebApp)

10.1. Note sul software incluso

Il software incluso, in **versione Desktop** (per utenti MS Windows) e in **versione WebApp** (per dispositivi con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS e Android), gestisce le seguenti utilità:

- **FOGLI DI CALCOLO** (Fogli di calcolo in MS Excel per risolvere alcuni dei più frequenti calcoli di routine ai sensi delle NTC 2018):
 - Calcolo di solaio in laterocemento agli SLU e SLE;
 - Verifica di soletta in c.a. per solai in travetti e pignatte;
 - Calcolo di strutture in legno;
 - Calcolo di balcone o gronda in c.a.;
 - Verifica di elementi secondari e catene in acciaio;
 - Verifica dei pannelli di tamponatura;
 - Verifica di tiranti in acciaio;
 - Calcolo dell'azione sismica sugli elementi secondari;
 - Progetto di divisori in cartongesso.
- **NORMATIVA**
 - Provvedimento dell'Agenzia delle Entrate 2/11/2011, prot. n. 2011/149646 – *Documentazione da conservare ed esibire a richiesta degli Uffici dell'Agenzia delle Entrate, ai sensi dell'art. 1, comma 1, lett. a), del D.I. 18 febbraio 1998, n. 41 come sostituito dall'art. 7, comma 2, lett. g) del D.L. 13 maggio 2011, n. 70;*
 - D.M. 7/03/2017, n. 65 – *Sismabonus, linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni e i relativi allegati. Modifica all'art. 3 del D.M. n. 58 del 28 febbraio 2017;*
 - D.M. 7/03/2017, n. 65 – *Allegato A (Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni);*
 - D.M. 7/03/2017, n. 65 – *Allegato B (Modulo asseverazione);*
 - D.M. 17 gennaio 2018 – *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;*
 - Risoluzione dell'Agenzia delle Entrate 27/04/2018, n. 34/E – *Interpello art. 11, legge 27 luglio 2000, n. 212 – Riconducibilità degli interventi di demolizione e ricostruzione tra gli interventi relativi alla adozione di misure antisismiche per le quali è possibile fruire della detrazione di imposta ai sensi dell'art. 16 del D.L. 4 giugno 2013, n. 63;*
- **LINEE GUIDA**
 - CNR-DT 200 R1/2012 – *Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati – materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie;*

- CNR-DT 200 R1/2013 – *Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati – materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie;*
- CNR-DT 206 R1/2018 – *Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture di legno;*
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – *Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti;*
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – *Classificazione del Rischio Sismico per prevenzione e Sismabonus (2017);*
- Agenzia delle Entrate – *Guida alle ristrutturazioni edilizie (febbraio 2018);*
- ANCE – *Guida Ecobonus e Sismabonus (maggio 2018);*

10.2. Requisiti hardware e software

10.2.1. Utenti software Desktop

- Processore da 2.00 GHz;
- MS Windows Vista/7/8/10 (*è necessario disporre dei privilegi di amministratore*);
- MS .Net Framework 4+;
- 250 MB liberi sull'HDD;
- 2 GB di RAM;
- MS Excel 2007+;
- Adobe Reader 11.0+;
- Accesso ad internet e browser web.

10.2.2. Utenti WebApp

- Dispositivo con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android;
- MS Office 2007+;
- Adobe Reader 11+;
- Accesso ad internet e browser web con *Javascript* attivo.

10.3. Richiesta della password di attivazione del software

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0002_0.php

- 2) Inserire i codici “A” e “B” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [Continua].
- 3) **Per utenti registrati** su www.grafill.it: inserire i dati di accesso e cliccare [Accedi], accettare la licenza d'uso e cliccare [Continua].
- 4) **Per utenti non registrati** su www.grafill.it: cliccare su [Iscriviti], compilare il form di registrazione e cliccare [Iscriviti], accettare la licenza d'uso e cliccare [Continua].
- 5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati, in tempo reale, all'indirizzo di posta elettronica inserito nel form di registrazione.

10.4. Installazione ed attivazione del software Desktop (utenti MS Windows)

- 1) Scaricare il setup del software (file *.exe) cliccando sul link ricevuto per e-mail.
- 2) Installare il software facendo doppio-click sul file **88-277-0003-7.exe**.
- 3) Avviare il software:

Per utenti MS Windows Vista/7/8: **[Start]** > **[Tutti i programmi]** > **[Grafill]**
 > **[Recupero edilizio strutture in c.a.]** (cartella)
 > **[Recupero edilizio strutture in c.a.]** (icona di avvio)

Per utenti MS Windows 10: **[Start]** > **[Tutte le app]** > **[Grafill]**
 > **[Recupero edilizio strutture in c.a.]** (icona di avvio)

- 4) Compilare la maschera *Registrazione Software* e cliccare su **[Registra]**.

The image shows a window titled "Registrazione Software". It has a standard Windows window title bar with minimize, maximize, and close buttons. The main area contains four text input fields labeled "Cognome", "Nome", "Codice A", and "Password". At the bottom of the window, there are two buttons: "Registra" and "Richiedi Password".

- 5) Dalla finestra *Starter* del software sarà possibile accedere ai documenti disponibili.

10.5. Utilizzo della WebApp

Per l'utilizzo della WebApp svolgere la seguente procedura:

- 1) Registrare il prodotto e richiedere la password di attivazione (vedi § 10.3);
- 2) Accedere al profilo utente su **www.grafill.it**;
- 3) Cliccare sul pulsante **[G-CLOUD]**;
- 4) Cliccare sul pulsante **[Vai alla WebApp]** in corrispondenza del prodotto acquistato.

10.6. Assistenza tecnica (*TicketSystem*)

I prodotti **Grafill** sono dotati di assistenza tecnica gratuita per 365 giorni dopo l'acquisto. L'assistenza fornisce supporto per l'installazione, l'avvio o la reinstallazione (escluso il recupero dei dati), quando la configurazione dell'hardware soddisfa i requisiti di sistema per il software.

L'assistenza *TicketSystem* di **Grafill** è disponibile all'indirizzo **https://www.supporto.grafill.it** ed è accessibile utilizzando i dati del profilo utente su **www.grafill.it**

Effettuato il login procedere all'apertura di un ticket seguendo le istruzioni. Dalla schermata principale del *TicketSystem* sarà sempre possibile accedere alla cronologia dei propri ticket.

